

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-139641

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/13
G02B 6/122
G02B 6/30

(21)Application number : 2000-334196

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 01.11.2000

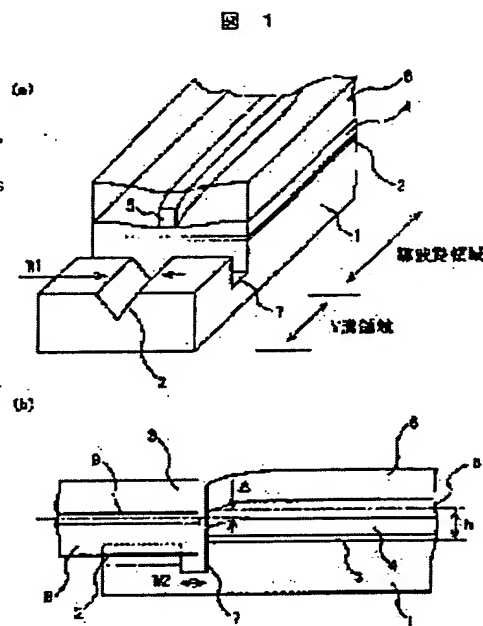
(72)Inventor : IDO TATSUMI
NAGARA TAKAMITSU

(54) OPTICAL WAVEGUIDE MEMBER, ITS MANUFACTURING METHOD AND OPTICAL MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an inexpensive polymer waveguide substrate, having a film alignment V-groove capable of obtaining optical coupling with the fiber at a small loss.

SOLUTION: In this optical waveguide member which is the typical embodiment, an optical waveguide is formed on a part of a silicon substrate, a core or a cladding of the waveguide is composed of a polymer, a V-shaped groove for positioning and fixing the optical fiber to the waveguide is provided in the silicon substrate, a rectangular groove which extends in the direction orthogonal to the V-groove in the boundary between the V-groove and the waveguide is provided in the silicon substrate, the film thickness of the core or the cladding which composes the waveguide in the vicinity of the boundary is made smaller than that of the other part, the height of the center of the core of the film is made lower than the height of the core of the waveguide, at a position satisfactorily apart from the boundary when the fiber is mounted on the V groove, and a shape of the V-groove is set such that a height of high efficient optical coupling is obtained, between the fiber and the waveguide.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

手段を組み合わせた光通信装置。

(19) 日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-139641
(P2002-139641A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002.5.17)

(51) IntCl.	識別記号	F I	サーチコード (参考)
G 0 2 B	6/13	G 0 2 B	2 H 0 3 7
	6/122		M 2 H 0 4 7
	6/30		A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2000-334196 (P2000-334196)	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所
(22) 出願日	平成12年11月1日 (2000.11.1)	(72) 発明者	東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地 井戸 立身
		(72) 発明者	東京都国分寺市東恋ヶ丘一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内 長良 高光
		(72) 発明者	東京都小平市上水本町5丁目22番1号 株 式会社日立超エル・エス・アイ・システムズ ズ内
		(74) 代理人	100068504 弁理士 小川 勝男 (外2名)

最終頁に続く

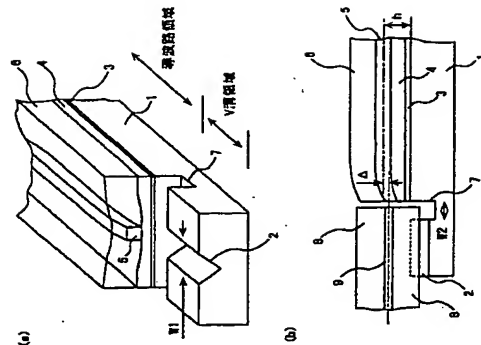
(54) 【発明の名称】 光導波路部材、その製造方法及び光モジュール

(57) 【要約】

【課題】 本願発明は、安価で、且つファイバと低損失な光結合が得られるファイバライメントV溝付ポリマ導波路基板を提供するものである。

【解決手段】 本願発明の代表的な形態は、シリコン基板上の一部に光導波路が形成され、該導波路のコアまたはクラッドがポリマから構成され、該導波路に光ファイバを位置決め固定するためのV形状の溝を該シリコン基板に有し、該V溝と該導波路の境界に該V溝と垂直な方向に伸びる矩形状の溝を該シリコン基板に有し、該導波路を構成するコアまたはクラッドの厚さが該境界近傍で他の部分よりも薄くなっており、該V溝にファイバを実装した時に、該ファイバのコアの中心の高さが該境界から十分に離れた位置の該導波路のコアの高さよりも低くかつファイバと導波路の間で高効率な光結合が得られる高さになるように、該V溝の形状が設定されていることを特徴とする光導波路部材である。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板上の一部に光導波路が形成され、前記光導波路のコアまたはクラッドが高分子樹脂から構成され、前記光導波路に対して光ファイバを位置決め固定するためのV形状の溝と、前記光導波路の境界に前記V形状の溝と垂直な方向に向びる溝とを前記シリコン基板上に有し、前記光導波路を構成するコアまたはクラッドの厚みが前記境界近傍で他の部分よりも薄くなるように、前記V形状の溝に光ファイバを実装したときに、前記光ファイバのコアの中心の高さが前記境界から前記V形状の溝よりも離れた中心の高さより低い高さになるように、前記V形状の溝の形状が設定されていることを特徴とする光導波路部材。

【請求項2】 V字型溝部と、当該V字型溝部の延在方向に、このV字型溝部と第2の溝部を挟んで対向した平坦な領域とを有するシリコン基板と、前記V字型溝部に添い且つ前記第2の溝部の所定壁面に対向して設けた光導波路と、前記平坦な領域の上部に、当該光導波路のコア層を構成する第1の樹脂層、及び当該光導波路のクラッド層を構成する第2の樹脂層と、を少なくとも有し、前記第1、及び第2の各樹脂層は前記平坦な領域の溝部と対向する端面の近傍でその厚さが減少しており、且つ前記光導波路のコア領域の端面は前記第1の樹脂層が構成するコア層の端面に対向していることを特徴とする光導波路部材。

【請求項3】 前記シリコン基板表面に無機材料からなる膜が設けられ、前記無機膜の上に前記導波路が形成されており、前記無機材料からなる膜がクラッド層として作用していることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の光導波路部材。

【請求項4】 前記シリコン基板と前記光導波路の間、または前記無機材料からなる膜と前記光導波路の間に、当該光導波路を構成する高分子樹脂と前記シリコン基板との密着性を向上する接着層を有することを特徴とする請求項1又は請求項3のいずれかに記載の光導波路部材。

【請求項5】 請求項1より請求項4のいずれかに記載の光導波路部材のV形状の溝に光導波路部材が装着されたことを特徴とする光モジュール。

【請求項6】 請求項1より請求項5のいずれかに記載の光導波路部材のV形状の溝に光導波路部材が装着され、且つ当該光導波路部材の有する光導波路の前記導波路部材が装着される他の端面に光部材が装着されたことを特徴とする光モジュール。

【請求項7】 シリコン基板上に、コアまたはクラッドがポリマから構成された光導波路と前記光導波路に対する光ファイバを位置決め固定するためのV形状の溝とを少なくとも有する光導波路部材の製造方法であって、前記シリコン基板に前記光ファイバの良平方向に向う所望

のV形状の溝を形成し、この後、前記光導波路用のポリマを塗布して当該光導波路を形成し、前記光ファイバの搭載する領域の前記ポリマによる高分子樹脂膜を除去することを特徴とする光導波路部材の製造方法。

【請求項8】 前記光導波路を形成した後、前記光導波路と前記光ファイバの搭載する領域との間にこの両者を分ける溝を形成し、次いで、前記光ファイバの搭載する領域の前記ポリマによる高分子樹脂膜を除去することを特徴とする請求項7に記載の光導波路部材の製造方法。

【請求項9】 前記シリコン基板に前記光ファイバの良平方向に向う所望のV形状の溝を形成した後、前記シリコン基板のポリマ層を剥す領域に前記シリコン基板とポリマの密着性を高める接着層を設け、次いで、前記光導波路を形成することを特徴とする請求項7又は請求項8に記載の光導波路部材の製造方法。

【請求項10】 シリコン基板にV字型溝部を形成する工程、前記V字型溝部を構成する平坦な領域であって且つ当該光導波路の光の進行方向に存在する領域の上面に接着材の層を形成する工程、こうして印刷されたシリコン基板の少なくともV字型溝部及び当該V字型溝部を構成する平坦な領域の上面を覆って当該光導波路のコア層を構成する第1の樹脂層、及び当該光導波路のクラッド層を構成する第2の樹脂層を形成する工程、光導波路の端面に対向する壁面を有する第2の溝部を形成する工程、当該光導波路の光の進行方向に添って存在する前記V字型溝部を構成する平坦な領域上に存在する少なくとも前記第1、及び第2の各樹脂層を除去する工程、を有することを特徴とする光導波路部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光通信などを用いられる光導波路に関するものである。更に本発明は、特に光ファイバを導波路に実装する時に用いるアラメント用V溝構造を有するポリマ光導波路基板の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、通信用光モジュールの高機能化及び小型化を目的に、石英光導波路を用いた光モジュールが検討されている。既に、石英光導波路を用いた光スプリッタやアレイ回折格子型波長合成分散器などが実用化されている。また、石英導波路を有する基板に、レーザダイオードやフォトダイオードなどの半導体素子をハイクリッド実装することによって、小型で低コストな光送受信モジュールも実現化されている。一方、光導波路を構成する材料としては、石英の他に高分子樹脂、すなわち、ポリマも検討されている。ポリマ導波路は、スピン塗布によって成膜できるので、石英導波路に比べて生産性が高く、低コストで導波路基板を作製できる。このため、石英導波路の代わりにポリマ導波路を用いることで、上記モジュールの板本的な低コスト化が期待でき

る。これらの光モジュールでは導波路と光ファイバを低損失で光結合する必要がある。通常、光通信で用いられるシングルモードファイバを使用した場合、導波路とファイバを低損失で結合するためには導波路とファイバの位置をサブミクロンの精度で位置決めして固定する必要がある。これを短時間かつ低コスト行うために、光導波路を形成するシリコン基板上、光ファイバをアラメントするのためのV形状の溝を形成することが検討されている。石英光導波路を有するシリコン基板にアラメントした例としては、例えば、特開平8-21772、特開平8-29638、電子情報通信学会1996年総大会講演論文集エレクトロニクス1分冊、44頁、録番号（SC-2-8）などがある。

【0003】 又、基板にあらかじめV溝を作製した後、ポリマ導波路を形成した例としては、日本国、公開公報、特開平10-288717号が挙げられる。又、ポリマ導波路とV溝構造をそれぞれ別に作製して位置合わせして張り合わせる方法が日本国、公開公報、特開平11-202158号、あるいは特開2000-47055号に見られる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の第1の課題は、低コストで製造の容易な光導波路部材を提供するものである。

【0005】 本発明の第2の課題は、低コストで製造の容易な光導波路部材の製造方法を提供するものである。

【0006】 本発明は、わけても、V溝付ポリマ導波路基板を有し、樹脂の膜厚不均一によるファイバと導波路間の屈折率差を最小限に押さえ、良好な光結合が得られる光導波路部材の構造を提供せんとするにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の、代表的な第1の形態は、V字型溝部と、当該V字型溝部の延在方向に、このV字型溝部と第2の溝部を挟んで対向した平坦な領域とを有するシリコン基板と、前記V字型溝部に設けた光導波路と、前記平坦な領域の上部に、当該光導波路のコア層を構成する第1の樹脂層、及び当該光導波路のクラッド層を構成する第2の樹脂層と、を少なくとも有し、前記第1、及び第2の各樹脂層は前記平坦な領域の第1の溝部と対向する端面の近傍でその厚さが減少しており、且つ前記V形状のV溝に光ファイバを実装した時に、前記光ファイバのコアの中心の高さが前記境界から前記V形状の溝よりも離れた領域およびその平坦な領域での光導波路のコアの中心の高さよりも低い高さになるように、前記V形状の溝の形状が設定されていることを特徴とする光導波路部材である。尚、V字型溝部と第2の溝部を挟んで対向した平坦な領域とは、当該V字型溝部よりみれば、凸部状に上がっている部分となる。以下、同様である。

【0008】 本発明の、代表的な第2の形態は、V字型溝部と、当該V字型溝部の延在方向に、このV字型溝部と第2の溝部を挟んで対向した平坦な領域とを有するシリコン基板と、前記V字型溝部に添い且つ前記第2の溝部の所定壁面に対向して設けた光導波路と、前記平坦な領域の上部に、当該光導波路の第1のクラッド層を構成する第3の樹脂層、当該光導波路のコア層を構成する第1の樹脂層、及び当該光導波路の第2のクラッド層を構成する第2の樹脂層と、を少なくとも有し、前記第1、第2、及び第3の各樹脂層は前記平坦な領域の第1の溝部と対向する端面の近傍でその厚さが減少しており、且つ前記光導波路のコア領域の端面は前記第1の樹脂層が構成するコア層の端面に対向していることを特徴とする光導波路部材である。

【0009】 本発明の、代表的な第3の形態は、シリコン基板上の一部に光導波路が形成され、前記光導波路のコアまたはクラッドが高分子樹脂から構成され、前記光導波路に対して光ファイバを位置決め固定するためのV形状の溝と、前記光導波路の境界に前記V形状の溝と垂直な方向に伸びる溝とを前記シリコン基板上に有し、前記光導波路を構成するコアまたはクラッドの膜厚が前記境界近傍で他の部分よりも薄くなるっており、前記V形状のV溝に光ファイバを実装した時に、前記光ファイバのコアの中心の高さが前記境界から所望位置での光導波路のコアの高さよりも低い高さになされていることを特徴とする光導波路部材である。この場合、光ファイバと光導波路の間で高効率な光結合が得られる高さになるように、前記V形状の溝の形状が設計されている。

【0010】 本発明に係る製造方法の主な形態は、下記の通りである。

【0011】 製造方法の第1の形態は、シリコン基板上に、コアまたはクラッドがポリマから構成された光導波路と前記光導波路に対する光ファイバを位置決め固定するためのV形状の溝とを少なくとも有する光導波路部材の製造方法であって、前記シリコン基板に前記光ファイバの良平方向に向う所望のV形状の溝を形成し、この後、前記光導波路用のポリマを塗布して当該光導波路を形成し、前記光ファイバの搭載する領域の前記ポリマによる高分子樹脂膜を除去する、ことを特徴とする光導波路部材の製造方法である。

【0012】 製造方法の第2の形態は、前記光導波路を形成した後、前記光導波路と前記光ファイバの搭載する領域との間にこの両者を分ける溝を形成し、次いで、前記光ファイバの搭載する領域の前記ポリマによる高分子樹脂膜を除去することを特徴とする前記に記録の光導波路部材の製造方法である。

【0013】 製造方法の第3の形態は、前記シリコン基板上に前記光ファイバの良平方向に向う所望のV形状の溝を形成した後、前記シリコン基板のポリマ層を剥す領域を形成した例としては、例えば、特開平8-21772、特開平8-29638、電子情報通信学会1996年総大会講演論文集エレクトロニクス1分冊、44頁、録番号（SC-2-8）などがある。

(4)

一般に、前記光導波路を形成することを特徴とする前記に記載の光導波路部材の製造方法である。

【0014】観測方法の第3の形態は、シリコン基板にV字型溝を形成する工程、前記V字型溝を構成する平直な領域であって且当該光導波路の光の進行方向に存在する領域の上面に接材の層を形成する工程、こうして作製されたシリコン基板の少なくともV字型溝部及び当該V字型溝部を構成する平坦な領域の上面を覆つておけるクラッド層を形成する第1の樹脂膜、及び当該光導波路のコア層を構成する第2の樹脂膜とを形成する工程、光導波路の端面に對向する壁面を有する第2の溝部を形成する工程、当該光導波路の光の進行方向に添存する前記V字型溝部の各平坦な領域上に添着する少なくとも前記第1、及び第2の各樹脂膜を除く工程を有することを特徴とするものである。

【0015】本願発明に係わる他の諸形態は、以下の欄に説明されるであらう。

[0016]

【発明の実施の形態】本願発明の具体的な実施の諸形態を説明するに先立って、本願発明の更なる諸技術並びに本願発明の属性等について説明する。

【0017】前述の従来の技術の欄に所示した例は、あくまで石英母玻璃にアライメントV溝を形成したものであつた。シリコン基板上に石英母玻璃を堆積した後に基板玻璃の一部の石英層を除去してシリコン基板を露出し、シリコン基板をKOH等の強アルカリ性の液によってウェットエッチングすることによってV溝を形成している。しかしながらから、同プロセスをポリマ母玻璃に適用すると一般にポリマ母玻璃は強アルカリに対して耐性が無く、ポリマ母玻璃が溶け腐食が生ずる。この問題は、シリコン基板上にV溝を形成した後にポリマを塗布して母玻璃を形成することにより回避できる。なお、願発明はこの方法を用いるものである。

【0018】本発明の代表的例は、以下に示す事項に従ってライメントV層付ポリマ導波路基板を製造する工程である。(1)シリコン基板に異方性のウェットエッチングを用いて、ライメントV層を形成する。(2)必要に応じて基板表面に熱酸化シリコン膜などの無機膜を設ける。(3)シリコン(基板表面に無機膜を設けた場合は無機膜)とポリマの接着力を強める接着層を導波路層を形成する部分に設ける。(3)より(4)の無機膜とポリマの接着層を導波路層を形成する部分に設ける。(4)フォトリソグラフィによりコア層を導波路パターンに加工する。(5)基板全面にワニス層を塗布し、ポリマ層からなる上部クラッド層を設ける。(6)導波路とポリマ導波路領域の間に、ダイシング溝によってシリコン基板に溝を形成する。(7)V溝領域にポリマ層を形成し、除去する。

【0019】上述の製造方法をまとめれば、次の

通りである。

【0020】第1は、シリコン基板上の一部に光導波路が形成され、前記導波路のコアまたはクラッドがポリマから構成され、前記導波路に光ファイバを位置決め固定するためのV形状の溝を前記シリコン基板上に有し、前記V溝と前記導波路の境界に前記V溝と垂直な方向に伸びる矩形状の溝を前記シリコン基板上に有する光導波路基板の製造方法であって、前記基板に前記V溝を形成した後、前記基板全面にポリマを塗布して前記導波路を製作する。

【0021】第2は、前記導波路を作製した後に、前記矩形板の側を形成する際にポリマ層を切断し、引き裂きV状のポリマ層のみを基板から剥離することである。【0022】第3は、前記V溝を形成した基板のポリマ層を残す導波路部分のみに基板とポリマの密着性を高める接着層を設けた後に、前記導波路を作製することである。

【0023】ここで導波路を構成するポリマには無機物と他の密着性が悪いフッ素を含むような樹脂を用いたほうが良い。又、接着層には、ポリビニルアルコール樹脂、フッ素を含むポリイミド、有機シリコン化合物、有機ジェル化合物、有機チタン化合物のいずれか、またはその組合せからなる複合膜を用いることができる。特に、フッ素化したポリイミドを導波路材料に用いれば、樹脂は極めて容易にできる。フッ素化ポリイミドを導波路材料に用いた場合には、接着層としてポリイミドシリコーン、有機窒素化合物、有機金属化合物、シリコン、あるいはそれらの複合膜が好ましい。

【0024】本発明になる製造方法によれば、基板に塗布したポリマはベーク中にV溝内に流れ込み、V溝の近傍でクラッド層やコア層が薄くなるために導波路特性やファイバとの結合特性が劣化するという第1の難点は、十分回避されている。

【0025】更に、本発明の光導波路部材によれば、導波路製作後にV溝内はポリマ層を除去する際に、V溝内のポリマ層は流れ込みにより覆われて厚くなるお
り、ドライエッチング等の手法で除去するのは困難とな
る第2の観点も十分回避されている。即ち、本発明の第2
の観点にはV溝を製作した後にポリマを塗布して作製し
たV溝がポリマ導波路基板において、実装するファイバ
のコアの中心の高さがV溝から十分に離れた平坦な部
分の導波路のコアの中心の高さより低くなるように、溝
の幅（形状）を設定する。境界にダイシングを用いて溝
を形成する際には、ポリマ層の厚さがV溝近傍の溝深は
変化している領域を排除するように、溝の幅と位置を設
定する。特に上記境界の溝の幅を $100\mu\text{m} \sim 220\mu\text{m}$ と
 μm に設定する。特に結合損失を小さくするには接合要
面から固定したコア間中心の高さを $15\mu\text{m}$ 以下に設定す
る。特に発生する損失を抑えるためには接合面と、面
シリコン基板の間に熱硬化膜等の無機膜を設けて、面

層は、シリコン基板への光の漏洩を防止するクラッド層として作用させる。光結合損失を低減させないように下部クラッド層の厚さは $2\mu\text{m}$ 以上確保し、接合層の厚さは $0.5\mu\text{m}$ 以下に設定する。上述した本願発明に係るものは、本願発明の諸形態、諸実施の諸形態に適用できるものであることは言うまでもない。

【0026】日本国、公開公報、特開平10-2887
17号では、基板にあらかじめ溝を作製した後に、ポ
リマ導波路を形成しているが、前述の発点は回避してい
ない。更に、実施の際には基板の上に極めて厚い、又、前
を形成する必要があることからコスト高である。また、通
道として別のアプローチとしてポリマ導波路とV溝構造
それぞれ別に作製して位置合わせして取り合わせる方
法、例えば、特開平11-202158号、特開2000
0-47055号も、両者をサブミクロンの精度で位置調整であ
わねせて固定する作業は、大変に極めて、コスト高であ
る。これらと比較し、本願発明によれば、極めて安価
に、誘電体の光導波路部材を提供することが出来る。

【0027】本願発明に係るアライメント溝付ポリマ
光導波路基板を図1に、前記光導波路基板の作製プロセス
を図2、図3に示す。図1の(a)は主面部の斜視断面で
ある。図1の(b)は光の進行方向に平行な面で
ある断面図である。図2はその製造プロセスを概略した断
面図であり、図3はその製造プロセスを概略した断
面図である。これらの断面図は光の進行方向に平行な面と
なっており、(a)、(b)等の図面を用いて、
れと対応した状態を示している。これらの図面を用いて、
本願発明に係る導波路基板の作製方法の概要と、当該等

波路基板においてファイバと低損失な光結合を実現するための構造について説明する。尚、図1の(a)は図2(a)の(b)に相当する光導波路部材の斜視図で、図1の(b)はこれに光ファイバが搭載された状態を示した断面図である。符号9は光ファイバのコア領域、符号8はこれらのクラッド領域である。これらの図の詳細は以下に詳細に説明されるので、ここでは仔細を省略する。

【0028】本導波路基板は以下のプロセスで作製する。シリコン基板1に、通例の異方性ウェットエッチングを用いてアライメントV溝2を形成する(図2(a)、図3(a))。

【0029】基板全面に、ポリマと基板の密着性を確保するための接着層3を、スピン塗布などの方法で設ける。フォトレジ工程とエッチングを用いて、シリコン基板1のV溝領域31の接着層を除去する(図2(b)、

図3(b))。ここで被覆層3としては、アルミニウム、ジルコニウム、チタンなどの有機金属キレートや、ステル溶液を塗布・ベークして得られる有機金属化合物や、シリコンを含有したシリコン樹脂やアッ素を含有ない樹脂、あるいは両者の複合膜などを用いることができる。前記有機金属化合物自体は例えば特開平7-14930などに示されるもので十分である。また、前記

シリコン樹脂やフッ素を含有しない樹脂自体は、例えば国際公報WO98/3745号に見られるもので十分である。尚、フッ素を含有しない樹脂には、ポリイミド、ポリアミド、ポリカーボネート、アクリル樹脂などを、更に挙げる事が出来る。

【0030】ここで密着層3の厚さを、有機金媒処理炭化の場合、 $0.1\mu\text{m}$ 以下、初期層の場合は $0.5\mu\text{m}$ 以下と比較的薄くしても要する十分な接着強度が得られる。従って、前記V溝内の密着層に形成されるのは、V溝に液が流れ込むことによって増加したとしても高々数 μm 以下で十分である。この為、ウェットエッチングやドライエッチングによってV溝内の接着層を除去することには支障ない。

【0031】次に、屈折率の異なる2種類のポリマを施布及びベークして、下部クラッド層4、コア層5を設け（図2(c)、図3(c)）。これらの層は発色・ペーパーの顔にV溝内部に施れ込む及びV溝内では厚く、V溝近傍では薄くなる。更に、通風のフォトレジ工程とドライエッチングを用いて、前記コア層5を所望形状にエッチングして、導波路パターン5を形成する（図2(d)、図3(d)）。

【0032】再度、ポリマを布及びベーパーとして上部タ
ラッド図6を設ける(図2(e)、図3(c))。尚、
ここで、光導路を構成する為の高分子樹脂としては、
フッ素系ポリイミド、フッ素化ポリカーボネイト、フッ
素系アクリル樹脂、重水素化シロキサン、重水素化アク
リル樹脂などを用いることが出来る。

【0033】次に、ダイシング装置を用いて、V溝領域3と導波路領域の境界に矩形状の溝7を設ける(図2(f)、図3(f))。これによってV溝領域と導波路領域の境界に溝7が設けられる。V溝領域3のポリマ層4は接着層3が無いために基板から剥離することができ、これによってV溝付導波路基板が完成する(図2(g)、図3(g))。

【0034】本発明では、軸端によってV溝部3の不要なポリマ層を除去するので、V溝2内のポリマ層が極めて厚くても支障がない。これに対して、例えばライエッチングを用いてV溝部2のポリマ層を除去するものとすると、ポリマ層の厚さは平坦部でも20 μ m \sim 30 μ m、V溝内部ではその倍程度になるためにエッチング時間が極めて長くなったり、溝が深いために溝内でのエッチングの残留物がでるという問題がある。また、エッチングの残留物を洗い出す場合にも酸液が極めて厚いために大きなサイドエッジ問題を生じるといえる問題があり、いずれも実施困難である。

【0035】本発明を実施するには、V領域のボリマ層の剥離を容易にするために下部クラッド層に基板上に接合する必要がある。一面と密着性の悪いボリマ材料を選択する必要がある。一般にフッ素を含むボリマ（フッ素化ボリマ）は、C（炭素）結合が化学的に安定なために異面（裏面）でF（フッ素）結合が化学的に安定なために異面（裏面）で

BEST AVAILABLE COPY

の化学的結合が起こりにくく、シリコンや酸化シリコンなどの無機物との密着性が極めて強いことが知られている。従って、下部クラッド層にフッ素を含む樹脂を用いれば、上記製造工程を容易に実施できる。また、ポリマ材料としてポリイミドを用いられれば、ポリイミドは塗布・ベークする際にイミド化と呼ばれる脱水反応が起ころ、大きな体積収縮が起こるために大きな引張り応力を膜内に生じ、剥離が生じやすい。従って、下部クラッドにフッ素化ポリイミドを用いられれば上記剥離を極めて容易に実施できる。こうした、ポリマ材料を具体的に列挙すれば、例えば、フッ素化ポリイミド、フッ素化ポリカーボネイト、フッ素化アクリル樹脂、テトラフルオロエチレン樹脂などを挙げることが出来る。

【0036】次に、あらかじめV溝を設けたシリコン基板上にポリマを塗布して作製したV溝付ポリマ導波路基板において、ファイバとポリマ導波路間で低損失な光結合が得られるための構造上の条件について述べる。

【0037】先に述べたように、V溝を作製した後光導波路を作製すると、V溝近傍で下部クラッド層、コア層、クラッド層が得られ、導波路の伝播特性やファイバとの結合特性が劣化する、ダイシング溝7の幅や位置、本源発射の欠陥に際しては、ダイシング溝7の幅や位置、V溝の幅(W1)（すなわち実装される光ファイバのコアの長さ）、あるいは導波路のコアの長さを所定の範囲内に設定することによって、この劣化を極めて小さく（例えば<0.1dB）押さえることが出来る。V溝近傍の塗布厚の変化を考慮した数値計算の結果を図6に示す。

【0038】図4は、V溝付基板にポリマを塗布した時のV溝近傍の断面積変化を示す。グラフは、V溝基板にフッ素ポリイミドワニスを塗布して得られた実験データであり、これに基づいて前記の計算を行った。図4の縦軸は当該導波路構造の光の進行方向に添った位置と、縦軸は塗布された有機樹脂層の厚さを相対値で示したものである。図4に示されるように、V溝に近づくに従って断面積が狭くなるように、断面積が変化している、この光導波路を伝播する光の強度分布のピークはV溝に近づくに従って下面にシフトする。図5はこの状態を説明する図である。接着層3の上に、第1のクラッド層4、コア層5及び第2のクラッド層6が堆積されるが、前記したようにV溝7の近傍71で、当該光導波路を構成する樹脂の厚さが断面積に薄くなる。この位置のシフトによる光結合損失の増加を防ぐためには、導波路端の光強度のピーク71と光ファイバのコアの中心72とが一致するように光ファイバの位置を下げる。このことは具体的に、シリコン基板1のV溝2の幅W1を広げることであり、V溝2に光ファイバを搭載した場合、V溝2の幅が広いと、光ファイバの位置は下がる。図5には、光ファイバの高さシフト量δと示される。尚、V溝の幅は、例えば、図1にW1として例示される。ここで注意すべ

きは、端面付近で導波路は下面に曲がっている、端面での光強度のピークは端面でのコアの中心よりもや上になることである。従って結合損失を最小にするには、光ファイバのコアの中心が、平坦部の導波路のコアの中心よりも低くかつ端面の導波路のコアの中心より上になるようにW1を設定する。

【0039】光結合損失が最小となる光ファイバの高さシフト量δと、ファイバ導波路間の結合損失の増加の關係の計算例を図6の(a)、(b)に示す。図6において、V溝によるポリマの膜厚変化が無い場合を0dBとしている。図6の横軸はダイシング溝7を形成する時に削除する導波路領域の幅を示し、hは平坦部での導波路のコア中心の基板からの高さ（図1(b)）を示す。図6の(a)は損失が最小となる光ファイバの高さシフト量δ、図6の(b)は結合損失の増加を例示する。この計算例ではポリマの屈折率を1.52、コアクラッドの屈折率差を0.4%、コアの大きさを平坦部で6x6μmとした。光ファイバの高さを調整しても損失増加が見える主原因は、導波路が湾曲しているために導波路から出る光の放射方向が傾きθを有するためである。この傾きは図5にθとして例示した。

【0040】この損失増加を小さくするには、ダイシングで削除する導波路領域の幅を大きくしてやれば良い。また、V溝付近のポリマ層の膜厚は塗布するプロセス条件等によって極めて敏感に変化する、安定性の観点からもV溝近傍の断面積が急激に変化している領域をできるだけ多く削除したほうが良い。しかし、一方、ダイシング溝の幅を大きくするとファイバのアライメントをするV溝と導波路端の距離が大きくなるために、ファイバの曲がり等による導波路端面でコア位置のブレが大きくなると、結合損失のばらつきが大きくなるという問題が生じる。両者を考え、削除する導波路領域の幅(W2)は50μmないし170μm程度が良い。V溝領域でのV溝が狭くなるにつれて、導波路の幅としては、V溝領域をおよそ50μm削除しなければならぬことも考え、ダイシングで形成する溝の幅としては100μm～220μm程度が良い。また、図6の(a)から分かるように、hが小さいほうが導波路の湾曲が小さくなり損失増加を小さく押さえることができる。たとえば、削除する導波路領域の幅を100μmとした場合に、損失増加を0.05dB以下と極めて小さく押さええるにはhを15μm以下に設定すれば良い。ところが、通常シングルモードの導波路ではファイバとの結合効率などを考慮してコアとクラッドの屈折率差は0.3%～0.6%に設定されており、このためシリコン基板に光が補射して導波路特性が劣化しないようにするためには少なくとも15μmの下部クラッド層が必要である。従ってhを15μm以下とすることは困難である。

【0041】これに対しては、図7に示すような方策が

ある。この方策は、ポリマ導波路を下部クラッド層よりも低い屈折率を有する無機膜10の上に形成して、無機膜8も下部クラッド層の一部として光を閉じ込める構造を用いることで解決できる。尚、図7において、無機膜10以外はこれまで説明したものと同様である。例えば、下部クラッド層に屈折率が1.5程度のポリマを用いた場合には、無機膜10として酸化シリコン膜（屈折率1.46）を用いられ、酸化膜とポリマの屈折率差が大きいために酸化膜の膜厚が1μm～2μmと薄くてもシリコン基板への光の漏れを防止できる。また、この際下部クラッド層の厚さが2μm以上あれば、導波路に伝播する光のスポット形状は従来構造とほとんど変らずに良好な光結合が得られる。また、この場合は接着層3にも導波路を伝播する光が及んでいることになるが、接着層の厚さをコア層に比べて1桁以上薄く（例えば0.5μm以下）に設定すれば、接着層による導波路の光学的特性の劣化も十分に小さくすることができる。

【0042】以下に本発明の各具体的実施例について述べる。

＜実施例1＞実施例1に係るV溝付導波路基板の構造を図1に示す。本基板は以下のプロセスで作製した。これらの各国の基本構成は前述した通りである。

【0043】先ず、(1, 0, 0)面を有するシリコンウェハ1に熱酸化シリコン膜1μmを形成する。フォトレジ工程とドライエッチングによってV溝2を形成する。熱酸化シリコン膜を除去する。KOH水溶液を用いた通孔のシリコン結晶に対する異方性エッチングにより、2つの(1, 1, 1)面からなるV溝2を形成する。エッチングマスクとして用いた酸化シリコン膜はフッ酸水溶液によって除去する（図2(a)、図3(a)）。

【0044】V溝を形成した基板にポリイミドシリコン樹脂のワニス（例えば、日立化成工業（株）製、商品名PI Xシリーズ）をスピン塗布及びベークして接着層3（厚さ0.5μm）を基板全面に形成する。通孔のフォトレジ工程と酸素ガスを用いたドライエッチングによりV溝領域の接着層を除去する（図2(b)、図3(b)）。

【0045】屈折率の異なる2種類のフッ素化ポリイミドのワニス（フッ素化ポリイミドの前置体であるポリミック酸のN-Nージメチルアセトアミド溶液、例えば日立化成工業（株）製、商品名OPIシリーズ）を順次塗布及びベークして、下部クラッド層4（n（屈折率）=1.520, t（平坦部の膜厚）=15μm）、コア層5（n=1.526, t=6.0μm）を形成する（図2(c)、図3(c)）。この時、V溝にワニス流れ込みにするために下部クラッド層4、コア層5の膜厚はV溝近傍で得くなった。この状態は図4に例示した通りである。

【0046】フォトレジ工程と酸素のドライエッチングによって、コア層5の不純部分を除去して導波路パターンを形成する（図2(d)、図3(d)）。この時、V溝内は塗布膜厚が厚いためにコア層5が残ることも有り得る。再びフッ素化ポリイミドワニスを塗布・ベークして上部クラッド層6（n=1.520, t=20μm）を設ける（図2(e)、図3(e)）。次にダイシング装置を用いて、V溝領域と導波路領域の境界に溝7を設ける。ここで、溝7の幅(W2)は150μmとし、V溝領域が50μm、導波路領域が100μm削除されるように溝の位置を設定した（図2(f)、図3(f)）。

(f)。ウェハをダイシングより素子に切り出すと、V溝領域のポリマ層は基板との接着強度が弱いためにダイシング直後に自然に剥離してV溝が露出した（図2(g)、図3(g)）。

【0047】作製したV溝付光導波路のV溝部にコア径125μmのシングルモードファイバを実装、接着して導波路一ファイバ間の結合損失を評価した。横方向の幅(W1)に対して結合損失を比較した結果、ファイバのコア中心の高さが基板表面から17.5μm（すなわちΔh=17.5=1.0μm）となるV溝幅(W1=128.4μm)の時に損失が最小になり、この時の結合損失の増加はV溝を削除しない場合に比較して0.1dBに押さえることができた。

＜実施例2＞実施例2に係るV溝付導波路基板の構造を図7に示す。本基板は接着層3とシリコン基板1の間に熱酸化シリコン膜10が設けられていることが実施例1と異なる主な点である。

【0048】本基板は以下のプロセスで作製した。まず、実施例1と同様に(1, 0, 0)面を有するシリコンウェハ1に熱酸化シリコン膜10（t=2μm）を形成する。フォトレジ工程とドライエッチングによってV溝を形成する。フォトレジ工程とドライエッチングにより2つの(1, 1)面から構成されるアライメントV溝2を作製する。実施例1と異なり、エッチングマスクとして用いた酸化シリコン膜10は基板表面にそのまま残した。基板全面にポリイミドシリコン樹脂のワニスをスピン塗布・ベークして接着層3（厚さ0.5μm）を基板全面に設ける。レジスト工程と酸素ガスを用いたドライエッチングによって、V溝領域の接着層を除去する。屈折率の異なる2種類のフッ素化ポリイミドワニスを順次塗布・ベークして、下部クラッド層4（n=1.520, t=3.5μm）、コア層5（n=1.526, t=6.0μm）を形成する。フォトレジ工程と酸素のドライエッチングによってコア層5の不要部分を除去して光導波路パターンを形成する。再度、フッ素化ポリイミドワニスを塗布・ベークして上部クラッド層6（n=1.520, t=20μm）を設ける。ダイシング装置を用いて、V溝領域と導波路領域の境界に溝7を設ける。こ

【0052】本1×2スプリットモジュールは以下の順で作製した。実施例1と同様な方法によって、シリ

【0056】この加熱手段によって、分岐した光導波路の各々の光学特性を制御し、各光導波路の光強度を制御するものである。例えば、1Nから光を入射した状態でヒータ11-1に電流を流すと、ヒータ直下の導波路の屈折率が低下するために、OUT1の出力力が増加し、ON、OUT1の出力力が減少しOFFとなる。また、ヒータ11-2に電流を流すとOUT1の出力力が増加し、ON、OUT1の出力力が減少しOFFとなる。

【0059】本発明した基板の電極12にAuSn半田を用いて半導体レーザー13を実装し、V溝2にシングルスルット型フォトダクトパターン14を形成し、V溝2にシングルスルット型フォトダクトパターン14と電極12との間に光伝送用樹脂7を充填して光伝送モジュールを作製した。

【0060】本送信モジュールは、室温30mAで22W以上の良好な出力を示した。また、作製した基板側のフォトダクトパターン14にAuSn半田を用いて導波路型のフォトダクトパターン15を実装し、V溝2にシングルスルット型フォトダクトパターン14と電極12との間に光伝送用樹脂7を充填して光伝送モジュールを作製した。本受信モジュールは0.8A/W以上の良好な受信感度を示した。

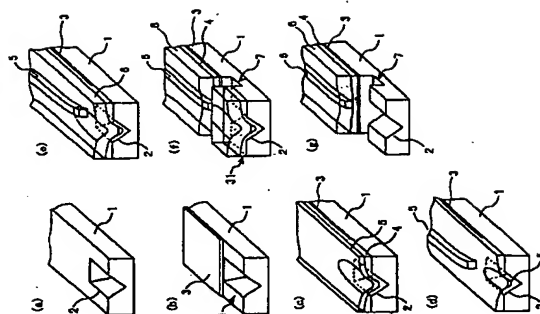
$\sim 0\ \mu m$) を形成する。通常のフォトリソレジスト工程と乾燥時のライエッチングによって、コア層の主要部分を除去して、V字形状の導波路パターンを形成する。再びフラット化処理を行いミクロドワズを塗布・ベークして上部コア層に埋め込む。ドライエッチングを用いて、素子を搭載する部分のポリマー導波路を完全に除去し、電極 $12-1-12-a$ を露出させる。ダイシング装置を用いてV溝領域と波長域領域の境界に溝7を設ける。ここで、溝7の幅は $150\ \mu m$ とし、溝8の深さは $50\ \mu m$ である。

【図12】図12は本願発明に係る光送信（または光受信）モジュールの別な例を説明する斜視図である。
 【図13】図13は本願発明に係る波長多重方向光トランシーバモジュールの例を説明する斜視図である。
 【図14】図14は本願発明に係る波長多重方向光トランシーバモジュールを用いた光通信装置の例を示す図である。
 【図15】図15は本願発明に係る波長多重光送信モジュールの例を説明する斜視図である。
 【図16】図16は本願発明に係る波長多重光送信モジュールを用いた光通信装置の例を示す図である。

【符号の説明】
 1…シリコン基板、2…ファイバライメント用V溝、3…接着層、4…下部クラッド層、5…コア層、6…上部クラッド層、7…ダイシング溝、8…ファイバ、9…ファイバのコア、10…無隙隙（熱硬化シリコン膜）、11…導電ヒータ、12…電極、13…半導体レーザまたは導波路型フォトダイオード、14…多層膜波長フィルタ、15…半導体レーザ、16…モニタ用導波路型フォトダイオード、17…導波路型フォトダイオード、18…本発明に係る波長多重方向光送信モジュール、19…本発明に係る波長多重方向光受信モジュール、20…光ファイバ、21…DFBレーザ、22…本発明に係る波長多重光送信モジュール、23…波長分波器、24…受信モジュール。

【図2】

図2



を示す図であり、その(a)は斜視図、その(b)は断面図である。

【図2】図2は本願発明に係る光導波路部材の製造方法を説明する図である。

【図3】図3は製造方法を説明する図2に対応した断面図である。

【図4】図4はV溝付シリコン基板にポリマを塗布した時のポリマの厚み分布を示す図である。

【図5】図5は本願発明に係るV溝付ポリマ導波路基板において、光導波路の光の伝播状態（光強度分布）を示す図である。

【図6】図6は本願発明におけるV溝付ポリマ導波路基板において、ファイバと光導波路の結合損失を最小にするシフト量と得られる結合損失の図例を示す図である。

【図7】図7は本願発明に係るV溝付ポリマ導波路基板の例を示す斜視図である。

【図8】図8は本願発明に係るV溝付ポリマ導波路基板の別な例を示す斜視図である。

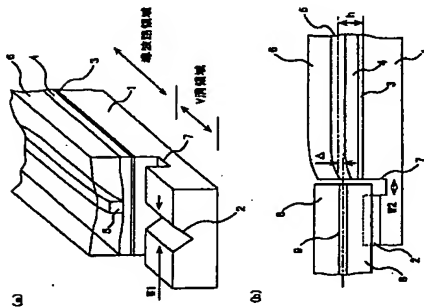
【図9】図9は本願発明に係る光スプリッタモジュールの例を説明する斜視図である。

【図10】図10は本願発明に係る光スイッチモジュールの例を説明する斜視図である。

【図11】図11は本願発明に係る光送信（または光受信）モジュールの例を説明する斜視図である。

【図1】

図1



有機シリコン化合物とポリイミドからなる接着層3（厚さ0.5μm）を基板全面に設ける。ホトレジ工程とドライエッチングによってV溝領域31の接着層を除く。屈折率の異なる2種類のフッ素化ポリイミドを順次塗布・ベークして、下部クラッド層4（n=1.520、t=4.3μm）、コア層5（n=1.528、t=6.0μm）を形成する。フォトリソ工程とドライエッチングによってコア層の不要部分を除く。1×4分波器のパターンを形成する。再びフッ素化ポリイミドを塗布・ベークして上部クラッド層6（n=1.520、t=2.0μm）を設ける。ド

ライエッチングを用いて、素子を搭載する部分のポリマ導波路を完全に除去して搭載部の電極を露出する。ダイシング装置を用いて、V溝領域と導波路領域の境界に溝を設ける。ここで、溝7の幅は150μmとし、V溝領域が50μm、導波路領域が100μm削除されるように溝の位置を設定した。ウエハをダイシングより導波路素子に切り出すと、V溝領域のポリマ層は基板との接着力が弱いため剥離してV溝が露出した。

【0066】作製した基板に発光波長が異なる4つのDFBレーザ21-1〜21-4（波長1280nm、1300nm、1320nm、1340nm）を実装し、V溝2に光ファイバをUV接着剤で固定した。図16はこの状態を示す図である。本発明に係る異なる4つの波長の発光可能な波長多重光送信モジュール22は、電気信号222に基づく駆動回路221によって制御される。例えば、2.5Gb/s×4chの信号は、本発明に係る波長多重光送信モジュール22にて4波長の波長多重信号に変換され、光ファイバ20を伝送する。この波長多重光送信モジュール22からの信号は波長分波器23によって4波長に分岐され、各波長の光信号を受信モジュール24-1、24-2、24-3、及び24-4で電気信号に変換する。電気信号系は、受信回路241にて所定回路に電気信号242として伝送される。本通信システムはファイバ長10km以上までエラフリーで動作した。

【0067】以上、詳述例をもつて説明したように、本願発明によって、光ファイバと低損失な光結合が得られるファイバライメントV溝付ポリマ導波路基板が提供できる。本導波路基板を用いることで光モジュールの低コスト化並びに高性能化が達成できる。

【0068】

【発明の効果】本願発明によれば、低コストで製造可能な光導波路部材を提供することが出来る。
 【0069】更に、本願発明によれば、低コストで製造可能な光導波路部材の製造方法を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本願発明の光導波路部材の代表的な例

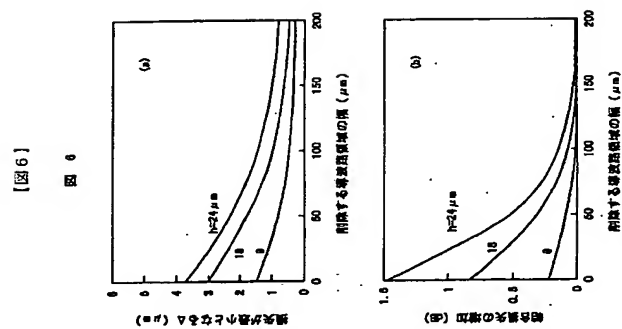
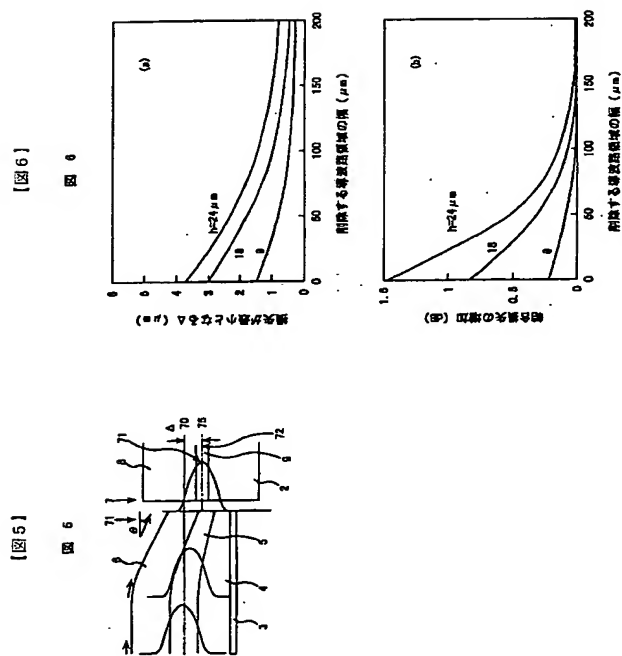
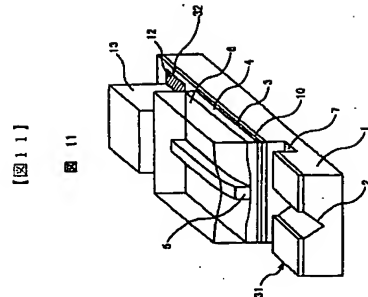
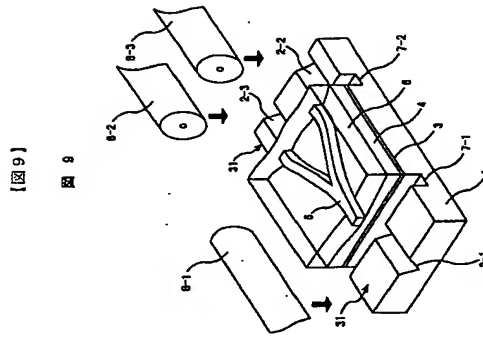
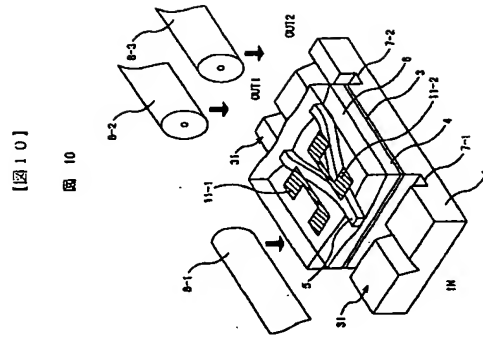
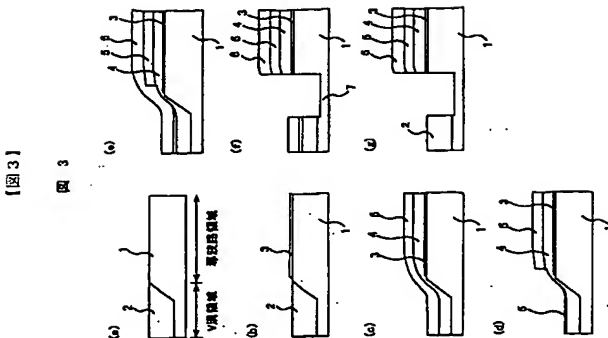
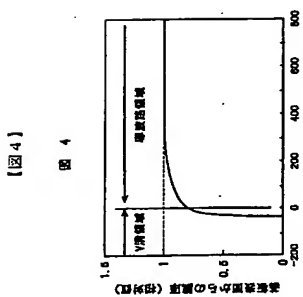
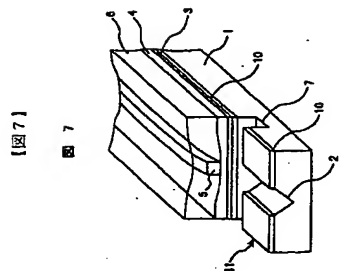
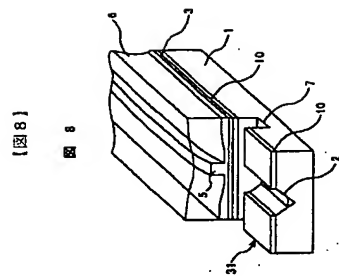
されるように溝の位置を設定した。ウエハをダイシングより導波路素子に切り出すと、V溝領域のポリマ層は基板との接着力が弱いため剥離してV溝が露出した。導波路領域に真空蒸着によって多層膜フィルタ14を蒸着し、電極12-2に波長1.3μmの半導体レーザ15、電極12-2にモニタ用導波路型フォトダイオード16、電極12-3に受光波長1.5μmの導波路型フォトダイオード17をそれぞれAuSn半田を用いて実装し、V溝2に光ファイバ8を接合した。

【0063】作製したモジュール（送信波長1.3μm/受光波長1.5μm）の光出力はレーザ電流30mAで2mWであり、受光感度は0.7A/Wと良好な特性が得られた。半導体レーザ15の発光波長を1.5μm、フォトダイオード17の受光波長を1.3μmとして、多層膜フィルタ14に1.5μmを反射し1.3μmを透過するものを用いることで同様に送信波長1.5μm/受光波長1.3μmの光トランシーバモジュールも作製した。試作したモジュールの光出力はレーザ電流30mAで1.5mWであり、受光感度は0.6A/Wと良好な特性が得られた。

【0064】作製した2種類のトランシーバモジュールを用いて構成した光通信装置の例を図14に示す。図14において、符号18は本願発明に係る1.3μm波長の波長の送信及び1.5μm波長の波長の受信が可能な波長多重方向光送信受信モジュールであり、電気信号182に基づき、送受信回路181によって制御される。符号19は本願発明に係る1.5μm波長の波長の送信及び1.3μm波長の波長の受信が可能な波長多重方向光送信受信モジュールであり、電気信号192に基づき、送受信回路191によって制御される。両波長多重方向光送信受信モジュール18、19は光ファイバ20でつながれている。本装置は600Mb/sの信号をファイバ長15km以上まで双方向にエラフリーで伝送することが出来る。

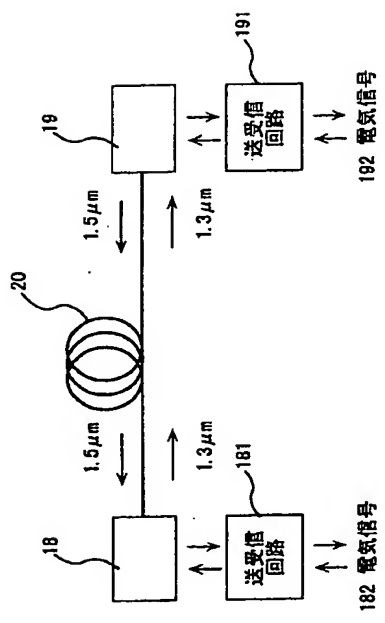
【0065】本装置は、波長多重光送信モジュールの例である。本願発明に係る波長多重光送信モジュールの例の斜視図を図15に示す。本モジュールは、波長が異なる4つのDFBレーザ21-1〜21-4を有し、各レーザから出る4波長の光信号がポリマ導波路から成る1×4分波器によって合波されて、V溝2に固定される光ファイバから出力される。

【0066】本モジュールは以下の手順で作製した。前実施例と同様な方法でシリコン基板にV溝2を形成し、基板表面に熱硬化シリコン膜10（1.0μm厚）を設ける。ここで各V溝の幅は141.1μmとして、実装するファイバのコア中心の高さが熱硬化膜から7.5μmになるように設定した。更に、DFBレーザを実装する際に用いるTi/Pt/Au電極を熱硬化膜に設ける。基板全面にシリコンエポキシ樹脂とフッ素を含まないポリイミドをそれぞれスピン塗布・ベークして



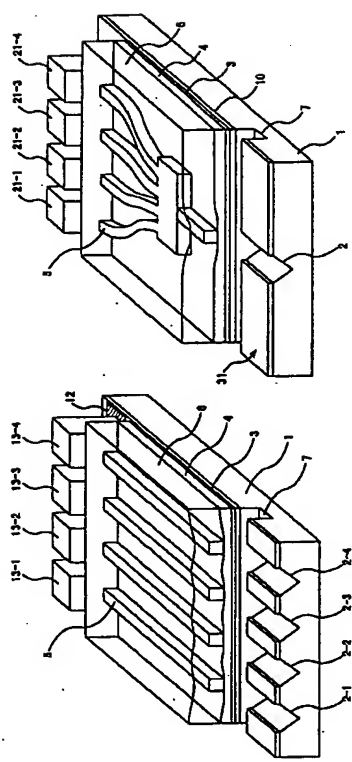
【図14】

図 14



【図15】

図 15

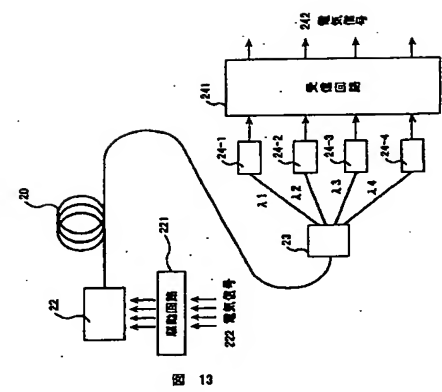


フロントページの続き

Fターム(参考) 2H037 MA01 BA24 CA36 DA04 DA06
DA12 DA18
2H047 KA04 KA15 MA05 PA28 QA07
TA01

【図16】

図 16



【図13】

